

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-33-00763 мол_а.

Список литературы

1. Dabbagh H.A., et al. Effects of vacuum and calcination temperature on the structure, texture, reactivity, and selectivity of alumina: experimental and DFT studies // J. Mol. Catal. A: Chem. – 2010. – V.326. – P. 55–68.
2. Леонов А.А. и др. Структура и свойства керамических композитов ZrO_2 , модифицированных различными армирующими наполнителями // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 7 т., г. Томск, 24-27 апреля 2018. – Томск: Изд. дом ТГУ, 2018 – Т.1. Физика. – С. 180–182.
3. Леонов А.А. Получение композитных порошков ZrO_2 /ОУНТ и ZrO_2 /нановолокна Al_2O_3 // Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Мая 2018. – Томск: ТПУ, 2018 – С. 90–91.
4. Lamouri S., et al. Control of the γ -alumina to α -alumina phase transformation for an optimized alumina densification // Bol. Soc. Esp. Cerám. Vidrio. – 2017. – V.56. – P. 47-54

РАЗРУШЕНИЕ СВЕТОДИОДНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР ПРИ ОБЛУЧЕНИИ СИЛЬНОТОЧНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

ЛИ ЦЗЫСЮАНЬ, СЯНЬ ЦЗЫЯО, СЫСОЕВА С.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail:llzxxx0@163.com

Введение. Исследования [1] продемонстрировали перспективы применения сильноточных электронных пучков (СЭП) для люминесцентного контроля светодиодных гетероструктур GaN/InGaN, нанесенных на сапфировые подложки. В связи с этим возник вопрос о радиационной стойкости, порогах и механизмах разрушения тонкопленочных гетероструктур при их диагностики СЭП. Ранее закономерности электронно-пучкового разрушения твердых тел изучались на макрообразцах, размеры которых на порядок превышали глубину пробега электронного пучка в материале. Было установлено [2-5], что основными механизмами разрушения диэлектриков и полупроводников являются термоудар и электрический пробой. Оба механизма связаны со спецификой воздействия СЭП на материалы: высокой скоростью ввода энергии (10^{11} - 10^{13} Гр/с) и заряда (10^{10} - 10^{11} Кл/с). Экспериментально разделить эти механизмы можно характерной морфологии разрушений. Электрический пробой ЦГК реализуется в режиме многоимпульсного облучения образцов электронным пучком низкой плотности энергии ($0.1 < H < 0.3$ Дж/см²), термоудар – в режиме однократного облучения электронным пучком более высокой плотности ($H > 0.5$ Дж/см²).

Целью настоящей работы является исследование закономерностей и особенностей разрушения светодиодных гетероструктур GaN/InGaN, выращенных различными производителями.

Материалы и методы исследования. В работе исследовались три светодиода структуры, выращенные методом металлоорганической газофазной эпитаксии на сапфире с ориентацией (0001). Образцы имели плотность дислокаций 10^7 – 10^9 см⁻². Некоторые образцы имели ступенчатую поверхность сапфировой подложки, снижающую влияние эффекта полного внутреннего отражения на выход излучения из гетероструктуры благодаря рассеянию света на микровыступах и микровпадинах текстурированного слоя. Облучение образцов проводилось в атмосферном воздухе при комнатной температуре. Источником

возбуждения являлся ускоритель электронов с генератором ГИН-600 (250 кэВ, 3 кА, 15 нс). Плотность энергии электронного пучка варьировалась в диапазоне 0.05 – 0.25 Дж/см². Интегральные (по времени) спектры люминесценции гетероструктур регистрировались с помощью оптоволоконного спектрометра AvaSpec 2048. Пространственное распределение люминесценции по поверхности образца фотографировалась зеркальной цифровой фотокамерой SONY DSLR-A500 в режиме «Bulb» за один импульс возбуждения через микроскоп МБС-10. Морфология остаточных разрушений, образующихся после многоимпульсного облучения СЭП, изучалась методом оптической микроскопии с помощью микровизора проходящего света μ Vizo-101.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований установлено, что морфология разрушений образцов изменяется в процессе многоимпульсного облучения и определяется их индивидуальными свойствами. На рисунке 1 представлены фотографии характерных разрушений в исследуемых гетероструктурах после 50 импульсов облучения СЭП с плотностью энергии $H = 0.25$ Дж/см². При таких условиях облучения формируемые разрушения в отдельных структурах достигают размера порядка сотен микрометров, а минимальный размер разрушений определяется разрешающей способностью микровизора проходящего света μ Vizo-101 и составляет ~ 1 мкм.

Анализ морфологии разрушений исследуемых образцов позволяет выделить ряд закономерностей. Под действием СЭП с плотностью энергии $H \sim 0.2$ Дж/см² гетероструктуры деградируют локально. Форма разрушений индивидуальна для каждого образца.

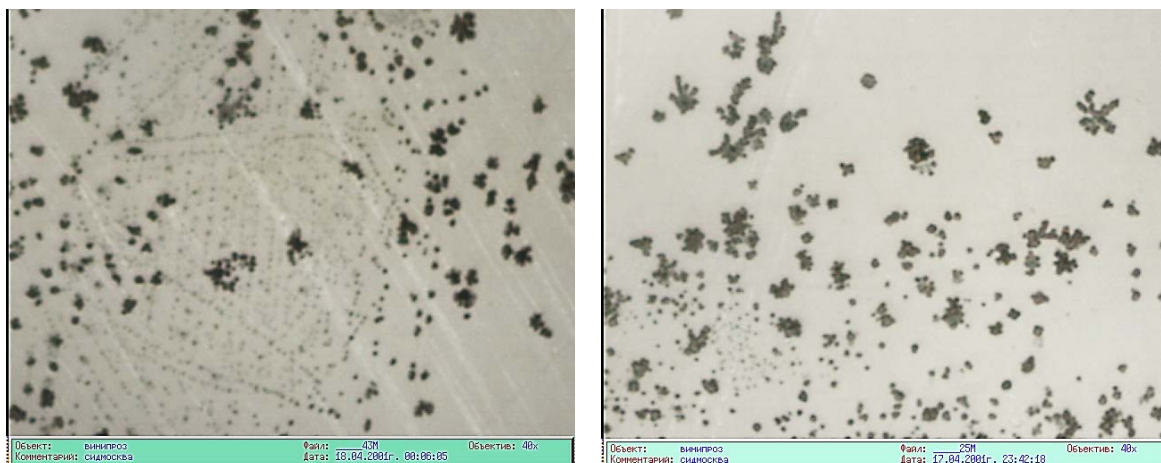


Рисунок 1 - Фотографии микроразрушений в разных гетероструктурах после 100 импульсов облучения СЭП при $H = 0.25$ Дж/см²

В процессе многоимпульсного облучения размер локальных разрушений, образовавшихся при первых импульсах СЭП, может, как увеличиваться, так и оставаться неизменным, при этом количество разрушенных зон увеличивается. Пространственное распределение микроразрушений определяется предысторией образцов.

Заключение. Интерпретация полученных результатов может быть дана на основе представлений об электроразрядном механизме разрушения диэлектриков и полупроводников под действием СЭП [4]. Облучение гетероструктур InGaN/GaN, нанесенных на сапфировые подложки, электронным пучком с плотностью энергии $H \sim 0.2$ Дж/см² приводит к формированию сильного электрического поля, связанного с инжектированным в Al₂O₃ отрицательным объемным зарядом СЭП и электрическому пробое образца. Известно, что электрический пробой, инициированный СЭП в диэлектриках и некоторых полупроводниках группы A₂B₆, является структурно чувствительным, т.е. локализуется в зонах расположения электрических

микронеоднородностей, роль которых могут выполнять дислокации, поры, преципитаты и другие дефекты технологического происхождения. Подобные дефекты, как известно, имеются и в эпитаксиальных слоях GaN и гетероструктурах InGaN/GaN, выращенных на подложках Al₂O₃. Высокая плотность энерговыделения в зонах развития электрических микрозарядов приводит к локальному разогреву и формированию микроразрушений, пространственное распределение которых по поверхности гетероструктуры неоднородно. Выяснение роли подложки (отдельных технологических операций, включающих ее обработку) и последовательно расположенных эпитаксиальных слоев, образующих гетероструктуру, в деградации светоизлучающих структур требует проведения дополнительных исследований.

Список литературы

1. Олешко В.И., Горина С. Г., и др. Изв. Вузов. Физика. 56, №1. С. 55. (2013).
2. Высокоэнергетическая электроника твердого тела. / Под ред. Д. И. Вайсбурда. (Новосибирск: Наука, 1982. 227 с).
3. Богданкевич О.Б., Зверев М.М., Иванова Т.Ю. и др. КЭ. 113, №10. С. 2132. (1986).
4. Олешко В.И., Лисицын В.М., Скрипин А. С. и др. Письма в ЖТФ. 38, №9. С. 37. (2012).
5. Oleshko V., Lisitsyna L., Malys D. et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. 268, N19. P. 3265. (2010).

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗЦА ПРИ РЕЗАНИИ СТАЛИ

Я. ЛИ, Ц. ЧЖАН, В.Н. КОЗЛОВ

Научный руководитель: доцент, к.т.н. В. Н. Козлов

Национальный исследовательский Томский политехнический институт

E-mail: kozlov-viktor@bk.ru

При резании стали 40X неизношенным резцом сила резания достаточно стабильна, как правило, не велика и не вызывает опасность разрушения режущего клина при рациональном режиме резания. При черновой обработке стали допускается существенный износ режущего инструмента, что вызывает увеличение силы резания и увеличивает вероятность выкрашивания режущей кромки и скола режущего клина. Наиболее существенное увеличение силы резания вызывается износом по задней поверхности с образованием фаски длиной h_z , измеряемой перпендикулярно режущей кромки.

Для исследования изменений напряженно-деформированного состояния режущего инструмента при износе были проведены эксперименты по определению распределения контактных напряжений (нагрузок) на передней и задней поверхностях резца при обработке стали 40X при резании с разными подачами ($s = 0,07 \dots 0,52$ мм/об) и длиной фаски на задней поверхности ($h_z = 0,13 \dots 0,95$ мм) с задним углом $\alpha h = 0^\circ$, моделирующей износ по задней поверхности [1]. Главный передний угол $\gamma = 7^\circ$, главный задний угол $\alpha = 12^\circ$, угол наклона главной режущей кромки $\lambda = 0^\circ$. Радиус округления режущей кромки $\rho = 0,003$ мм соответствовал заточке фаски задней поверхности. Расчёт напряжений и деформаций в режущем клине резца был выполнен методом конечных элементов с использованием программы ANSYS12, рисунок 1.